

日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

J1036 U.S. PTO  
09/805237  
03/14/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2000年 4月14日

出願番号  
Application Number: 特願2000-113519

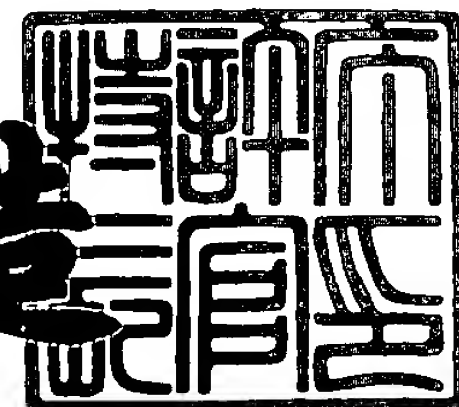
出願人  
Applicant(s): 株式会社日立製作所

U.S. Appln Filed 3-14-01  
Inventor: S. Ichimura et al  
mattingly Stanger & Malor  
Docket NIP-230

2001年 2月16日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3008046

【書類名】 特許願

【整理番号】 PE27751

【提出日】 平成12年 4月14日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/30

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目 2 番 1 号  
                                 株式会社 日立製作所 電力・電機開発研究所内

    【氏名】 市村 智

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目 2 番 1 号  
                                 株式会社 日立製作所 電力・電機開発研究所内

    【氏名】 土屋 一俊

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目 2 番 1 号  
                                 株式会社 日立製作所 電力・電機開発研究所内

    【氏名】 佐藤 忠

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目 2 番 1 号  
                                 株式会社 日立製作所 電力・電機開発研究所内

    【氏名】 長峯 嘉彦

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目 2 番 1 号  
                                 株式会社 日立製作所 電力・電機開発研究所内

    【氏名】 樋口 佳也

【特許出願人】

    【識別番号】 000005108

    【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100098017

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉岡 宏嗣

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 055181

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 中性ビーム処理装置及びその方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 イオン源と、該イオン源からイオンを引き出してイオンビームとするイオン引出し電極と、該イオン引出し電極により引き出されたイオンビームを中性ガスの雰囲気中で中性化して中性ビームに変換する中性化室と、該中性化室内の中性ビームから荷電粒子を分離して中性ビームを通過させる荷電粒子分離手段と、前記中性化室に隣接して配置されて前記荷電粒子分離手段を通過した中性ビームの伝播路上に被処理物を収納する処理室とを備え、前記荷電粒子分離手段は、前記中性化室を画成する中性化室壁に対して正電位が与えられて前記中性ビームを通過させる複数の孔を有する多孔電極と、該多孔電極に隣接して分散配置されて前記多孔電極近傍に多極磁場を形成する複数の磁石列とから構成されてなる中性ビーム処理装置。

【請求項 2】 イオン源と、該イオン源からイオンを引き出してイオンビームとするイオン引出し電極と、該イオン引出し電極により引き出されたイオンビームを中性ガスの雰囲気中で中性化して中性ビームに変換する中性化室と、該中性化室内の中性ビームから荷電粒子を分離して中性ビームを通過させる荷電粒子分離手段と、前記中性化室に隣接して配置されて前記荷電粒子分離手段を通過した中性ビームの伝播路上に被処理物を収納する処理室とを備え、前記荷電粒子分離手段は、前記中性化室を画成する中性化室壁に対して正電位が与えられて前記中性ビームを通過させる複数の孔を有する多孔電極と、該多孔電極に隣接して分散配置されて前記多孔電極近傍に多極磁場を形成する複数の磁石列と、前記中性化室内において前記多極磁場の磁極部に配置され、前記多孔電極に対して負電位が与えられる導電体部材とから構成されてなる中性ビーム処理装置。

【請求項 3】 前記複数の磁石列が、前記導電体部材を兼ねてなる請求項 2 に記載の中性ビーム処理装置。

【請求項 4】 前記複数の磁石列が、前記多孔電極を間にして前記導電体部材と相対向して配置されてなる請求項 2 に記載の中性ビーム処理装置。

【請求項 5】 前記中性化室を画成する中性化室壁と前記導電体部材との間

に電位差を与える電位差調整手段を備えてなる請求項 2、3 または 4 のうちいずれか 1 項に記載の中性ビーム処理装置。

【請求項 6】 前記中性化室内に電子を供給または発生させる電子補充手段を備えてなる請求項 1、2、3、4 または 5 のうちいずれか 1 項に記載の中性ビーム処理装置。

【請求項 7】 イオン源からイオンを引き出してイオンビームとし、このイオンビームを中性化室内で中性ビームに変換し、前記中性化室を画成する中性化室壁に対して正電位が与えられた多孔電極を前記中性化室の出口側に配置して前記中性ビームに混在する荷電粒子の中からイオンを分離除去し、複数の磁石を前記多孔電極の近傍に配置して前記多孔電極の近傍に多極磁場を形成し、この多極磁場により、前記中性ビームに混在する荷電粒子の中から電子を分離除去し、前記多孔電極を通過した中性ビームを処理室内の被処理物に照射する中性ビーム処理方法。

【請求項 8】 イオン源からイオンを引き出してイオンビームとして中性化室に導入し、該中性化室を画成する中性化室壁に対して正電位が与えられた多孔電極を前記中性化室の出口側に配置し、また、複数の磁石を前記多孔電極の近傍に配置して前記多孔電極の近傍に多極磁場を形成し、更に、前記中性化室内において前記多極磁場の磁極部に、前記多孔電極に対して負電位が与えられる導電体部材を配置することにより前記中性化室内の広範囲に平坦な空間電位領域を形成して、該平坦な空間電位領域において前記イオンビームを中性ビームに変換し、該中性ビームに混在する荷電粒子の中からイオンを前記多孔電極により分離除去し、電子を前記多極磁場により分離除去して、前記多孔電極を通過した中性ビームを処理室内の被処理物に照射する中性ビーム処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、中性ビーム処理装置及びその方法に係り、特に、中性ビームを被処理物に照射してエッチング処理などを行うに好適な中性ビーム処理装置及びその方法に関する。

## 【 0 0 0 2 】

## 【従来の技術】

中性ビームを利用した処理装置として、基板などの被処理物に中性ビームを照射してエッチングなどの処理を施す中性ビーム処理装置がある。従来、この種の中性ビーム処理装置としては、例えば、特開平 7 - 1 9 3 0 4 7 号公報に記載されているものが知られている。この中性ビーム処理装置においては、イオン源から引出されたイオンビームを中性ビームに変換し、中性ビームのみを被処理物に照射するに際して、イオンビームの一部が中性ガスとの荷電交換反応によって得られた中性ビームと荷電粒子とを分離する荷電粒子分離手段としてリターディング電極を用いた構成が採用されている。このリターディング電極は、中性ビームを通過させるための小さな孔が多数開口している多孔電極であり、この多孔電極に所定の電位を印加することにより、荷電粒子であるイオンまたは電子を静電的に反発除去する一方、電荷を持たない中性ビームを通過させることができる。

## 【 0 0 0 3 】

一方、前記公報には、他の荷電粒子分離手段として、荷電粒子のうちの電子を、被処理物の側面に配置された永久磁石によって表面上に横磁場を加えることで磁氣的に中性ビームから分離除去し、荷電粒子のうちのイオンを、被処理物を保持する支持台に正電位を印加することで静電的に中性ビームから分離除去するものが開示されている。

## 【 0 0 0 4 】

## 【発明が解決しようとする課題】

ところで、中性ビーム処理装置においては、処理すべき被処理物を大型化し、かつ処理時間の短縮を図ることから、被処理物に照射される中性ビームを大口径化、大容量化することが要請されている。しかも、この大口径化、大容量化にあたっては、中性ビームの品質を良質にすることが求められている。すなわち、中性ビームの発散が小さいこと、エネルギーのばらつきが小さいことが求められている。

## 【 0 0 0 5 】

しかし、上記従来技術のものは、以下に述べる理由から、中性ビームの発散を

小さく、エネルギーのばらつきを小さくしながら、中性ビームを大口径化、大容量化するには限界がある。

#### 【 0 0 0 6 】

具体的には、上記従来技術のうち前者については、被処理物に照射される中性ビームの品質を良質なものとするためには、リターディング電極を少なくとも、以下に説明するように、3枚の多孔電極で構成する必要がある。すなわち、中性ビームの発散を小さく、エネルギーのばらつきを小さくするための基準電極と、イオンを除去するために、基準電極に対して正電位が与えられるイオン除去電極と、電子を除去するために、基準電極に対して負電位が与えられる電子除去電極とで構成する必要がある。

#### 【 0 0 0 7 】

基準電極は、3枚の多孔電極のうちイオン源側に配置されて所定の電位が印加され、基準電極と引出電極との間の空間電位を規定するようになっている。この空間電位に勾配が生じると、例えば、基準電極がない状態で、基準電極より電位の高い正電位のイオン除去電極と引出電極とによって空間電位を規定すると、引出電極とイオン除去電極との間の空間電位に勾配（ポテンシャル壁）が生じ、中性ビームに変換される前のイオンビームの発散が大きくなるとともにエネルギーのばらつきが大きくなる。このため、イオンビームが中性ビームに変換される中性化領域における空間電位を平坦化するために、イオン除去電極よりもイオン源側に基準電極を設け、この基準電極にイオン除去電極よりも電位の低い所定の電位を設定することで、中性化領域における空間電位を平坦化する構成が採用されている。この基準電極を設けて空間電位を平坦化することで、中性ビームの発散を小さく、エネルギーのばらつきを小さくすることができる。

#### 【 0 0 0 8 】

しかし、リターディング電極を構成する電極の枚数が多いほど、中性ビームが電極に衝突する確率が高くなるため、リターディング電極を通過して被処理物に照射される中性ビームの量が減少するという問題点が生じる。

#### 【 0 0 0 9 】

また、複数の電極上に多数開口された孔同士を相互に所定の位置に保つことは



、リターディング電極を大口径化するほど困難になるとともに、中性ビームの透過率が低下し、出力の低下を招くことになる。さらに、中性化領域における空間電位を平坦化するという作用上、基準電極は中性化されなかったイオンビームによって必然的に衝撃を受けるので、損耗が激しくなる。

#### 【 0 0 1 0 】

一方、従来技術のうち後者のものは、被処理物の側面に配置された永久磁石によって被処理物表面上に平行磁場を加えることで電子を磁氣的に中性ビームから分離除去し、被処理物に正電位を印加することでイオンを静電的に中性ビームから分離除去するようにしているため、前者のように、中性ビームがリターディング電極に衝突することによって、被処理物に照射される中性ビームの量が減少するようなことはない。

#### 【 0 0 1 1 】

しかし、被処理物に印加した正電位によって中性化領域の空間電位に勾配が生じるため、中性ビームに変換される前のイオンビームの発散およびエネルギーのばらつきが大きくなり、結果として、イオンビームの変換によって得られた中性ビームの発散およびエネルギーのばらつきが大きくなる。

#### 【 0 0 1 2 】

また、被処理物の大型化に際して、電子を分離するのに必要な磁場を被処理物の中心部で形成するためには、被処理物の側面に配置される永久磁石が巨大なものとなり、しかも、被処理物の中心部と端部とでは、磁場強度の差が顕著となり、荷電粒子に対する影響が不均一になることから、中性ビーム処理装置の大口径化には限界がある。また被処理物の表面に磁場を形成するので、磁性素子のよう、磁場の影響を受けやすい被処理物の処理に適さない、被処理物に所定の正電位を印加することでイオンを反発除去することから、表面が絶縁物である被処理物の処理には適さない、という問題点もある。

#### 【 0 0 1 3 】

このように、従来技術においては、被処理物に照射される中性ビームの発散を小さく、エネルギーのばらつきを小さくしながら、中性ビームを大口径化、大容量化するには限界がある。



## 【 0 0 1 4 】

本発明の目的は、中性ビームの発散を小さく、エネルギーのばらつきを小さくしながら、中性ビームを大口径化および大容量化することができる中性ビーム処理装置及びその方法を提供することにある。

## 【 0 0 1 5 】

## 【課題を解決するための手段】

前記目的を達成するためには、本発明は、イオン源と、該イオン源からイオンを引き出してイオンビームとするイオン引出し電極と、該イオン引出し電極により引き出されたイオンビームを中性ガスの雰囲気中で中性化して中性ビームに変換する中性化室と、該中性化室内の中性ビームから荷電粒子を分離して中性ビームを通過させる荷電粒子分離手段と、前記中性化室に隣接して配置されて前記荷電粒子分離手段を通過した中性ビームの伝播路上に被処理物を収納する処理室とを備え、前記荷電粒子分離手段は、前記中性化室を画成する中性化室壁に対して正電位が与えられて前記中性ビームを通過させる複数の孔を有する多孔電極と、該多孔電極に隣接して分散配置されて前記多孔電極近傍に多極磁場を形成する複数の磁石列とから構成されてなる中性ビーム処理装置を構成したものである。

## 【 0 0 1 6 】

また、本発明は、イオン源と、該イオン源からイオンを引き出してイオンビームとするイオン引出し電極と、該イオン引出し電極により引き出されたイオンビームを中性ガスの雰囲気中で中性化して中性ビームに変換する中性化室と、該中性化室内の中性ビームから荷電粒子を分離して中性ビームを通過させる荷電粒子分離手段と、前記中性化室に隣接して配置されて前記荷電粒子分離手段を通過した中性ビームの伝播路上に被処理物を収納する処理室とを備え、前記荷電粒子分離手段は、前記中性化室を画成する中性化室壁に対して正電位が与えられて前記中性ビームを通過させる複数の孔を有する多孔電極と、該多孔電極に隣接して分散配置されて前記多孔電極近傍に多極磁場を形成する複数の磁石列と、前記中性化室内において前記多極磁場の磁極部に配置され、前記多孔電極に対して負電位が与えられる導電体部材とから構成されてなる中性ビーム処理装置を構成したものである。

【 0 0 1 7 】

前記中性ビーム処理装置を構成するに際しては、以下の要素を付加することができる。

【 0 0 1 8 】

(1) 前記複数の磁石列が、前記導電体部材を兼ねてなる。

【 0 0 1 9 】

(2) 前記複数の磁石列が、前記多孔電極を間にして前記導電体部材と相対向して配置されてなる。

【 0 0 2 0 】

(3) 前記中性化室を画成する中性化室壁と前記導電体部材との間に電位差を与える電位差調整手段を備えてなる。

【 0 0 2 1 】

(4) 前記中性化室内に電子を供給または発生させる電子補充手段を備えてなる。

【 0 0 2 2 】

また、本発明は、イオン源からイオンを引き出してイオンビームとし、このイオンビームを中性化室内で中性ビームに変換し、前記中性化室を画成する中性化室壁に対して正電位が与えられた多孔電極を前記中性化室の出口側に配置して前記中性ビームに混在する荷電粒子の中からイオンを分離除去し、複数の磁石を前記多孔電極の近傍に配置して前記多孔電極の近傍に多極磁場を形成し、この多極磁場により、前記中性ビームに混在する荷電粒子の中から電子を分離除去し、前記多孔電極を通過した中性ビームを処理室内の被処理物に照射する中性ビーム処理方法を採用したものである。

【 0 0 2 3 】

さらに、本発明は、イオン源からイオンを引き出してイオンビームとして中性化室に導入し、該中性化室を画成する中性化室壁に対して正電位が与えられた多孔電極を前記中性化室の出口側に配置し、また、複数の磁石を前記多孔電極の近傍に配置して前記多孔電極の近傍に多極磁場を形成し、更に、前記中性化室内において前記多極磁場の磁極部に、前記多孔電極に対して負電位が与えられる導電

体部材を配置することにより前記中性化室内の広範囲に平坦な空間電位領域を形成して、該平坦な空間電位領域において前記イオンビームを中性ビームに変換し、該中性ビームに混在する荷電粒子の中からイオンを前記多孔電極により分離除去し、電子を前記多極磁場により分離除去して、前記多孔電極を通過した中性ビームを処理室内の被処理物に照射する中性ビーム処理方法を採用したものである。

#### 【 0 0 2 4 】

前記した手段によれば、中性ビームに混在する荷電粒子のうちイオンを多孔電極によって中性ビームから分離除去し、電子を複数の磁石列によって形成される多極磁場によって中性ビームから分離除去するようにしているため、荷電粒子分離手段として複数の電極を用いるものよりも中性ビームの透過率を高めることができるとともに、中性ビームの量が減少するのを防止することができ、中性ビームの大容量化が可能になる。さらに、多孔電極の大型化に合わせて磁石列の数を増やすことで中性ビームの大口径化が可能になる。また多孔電極はイオンを反発する正電位が与えられているので、イオンビームの衝突による損耗を避けることができる。さらに荷電粒子分離手段として導電体部材を設けることで、磁石列がイオンビームに照射されるのを防止することができ、磁石列の加熱による減磁をなくすことができる。

#### 【 0 0 2 5 】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施形態を図面に基づいて説明する。図 1 (a) は、本発明の一実施形態を示す中性ビーム処理装置の全体構成を示す縦断面図、(b) は図 1 に示す装置の空間電位の特性図である。

#### 【 0 0 2 6 】

図 1 において、中性ビーム処理装置は、マイクロ波放電によってプラズマを生成するイオン源を備えており、このイオン源は、プラズマ生成室 1 が生成室壁 2 によって画成され、生成室壁 2 に導波管 4 とガス導入管 3 7 がそれぞれ接続されている。プラズマ生成室 1 は、図 1 において縦方向である内径が  $\phi 350\text{ mm}$ 、横方向である奥行きが  $150\text{ mm}$  の大きさを成しており、例えば、ステンレスの

ような非磁性材を用いた生成室壁 2 によりほぼ碗形状に形成され、右側が開口されている。生成室壁 2 の左側中央部に導波管 4 が接続されており、この導波管 4 内にはプラズマ生成室 1 内の気密を保つためにマイクロ波導入窓 6 が取付けられている。この導波管 4 にはマイクロ波発生器（図示省略）が接続されており、マイクロ波発生器から周波数 2. 4 5 G H z のマイクロ波が導波管 4、マイクロ波導入窓 6 を介してプラズマ生成室 1 内に導入されるようになっている。導波管 4 よりも下側の生成室壁 2 にはガス導入管 3 7 が設けられており、プラズマ生成室 1 には、プラズマ生成に必要な特定のガス、例えば、アルゴンなどのガスがガス導入管 3 7 を介して導入されるようになっている。

## 【 0 0 2 7 】

また生成室壁 2 の外周側には、永久磁石列 5 が配列されており、永久磁石列 5 は、プラズマ生成室 1 内に電子サイクロトロン共鳴磁場を有する静磁場を発生し得るようになっている。さらに、生成室壁 2 の底部側は直流電源 3 6 に接続されており、生成室壁 2 には、例えば、6 0 0 V ~ 1 0 0 0 V の直流電圧が印加されている。

## 【 0 0 2 8 】

さらに、生成室壁 2 の開口側にはフランジ部が形成されているとともに、生成室壁 2 の開口側には、プラズマ生成室 1 内のイオンを引出してイオンビームとするイオン引出電極が取付けられている。このイオン引出電極はスクリーン電極 3 a、加速電極 3 b、減速電極 3 c から構成されており、スクリーン電極 3 a がプラズマ生成室 1 側に配置され、その右側に加速電極 3 b が配置され、加速電極 3 b の右側に減速電極 3 c が配置されている。そして各スクリーン電極 3 a、加速電極 3 b および減速電極 3 c には互いに所定の間隔を持つとともに所定の大きさの孔が複数個形成されている。なお、本実施形態において、イオン引出電極の複数の孔が分布している領域は  $\phi 300\text{ mm}$  の大きさを成している。また生成室壁 2 には、直流電源 3 6 の + 極が接続され、直流電源 3 6 の - 極が処理室壁 1 5 に接続されているため、生成室壁 2 には処理室壁 1 5 に対して正電位が与えられている。

## 【 0 0 2 9 】

上記構成によるプラズマ生成室 1 の開口側には、中性化室 1 1 が接続されている。この中性化室 1 1 はほぼ筒状に形成され、周囲が中性化室壁 8 によって画成されおり、この中性化室壁 8 には導波管 1 2 とガス導入管 3 8 がそれぞれ接続されている。

### 【 0 0 3 0 】

中性化室壁 8 は、例えば、内径が 4 0 0 m m、奥行きが 3 5 0 m m の筒体として、非磁性ステンレスを用いて構成されており、軸方向左端に形成されたフランジ部が、生成室壁 2 の右端に形成されたフランジ部と絶縁スペーサ 7 を介して接続されているとともに、軸方向右端に形成されたフランジ部が処理室壁 1 5 に接続されて処理室壁 1 5 とともに接地されている。この中性化室壁 1 8 は、プラズマ生成室 1 から引出されたイオンビームを取り囲むものであり、この外周部には軸方向（左右方向）に沿って 2 組の永久磁石列 9 が、その極性が互いに異なるようにして配置されている。各永久磁石列 9 は、中性化室 1 1 内に電子サイクロトロン共鳴磁場を有するマルチリングカプス磁場を形成するためのものであり、この永久磁石列 9 は、例えば、サマリウムコバルト（残留磁束密度約 1. 1 T）製で、厚み幅が 8 m m、磁化方向長さが 1 2 m m である。

### 【 0 0 3 1 】

また中性化室壁 8 の外周部にはその軸方向と直交し得る方向に導波管 1 2 が取り付けられている。導波管 1 2 は、中性化室壁 8 の外周部において、2 組の永久磁石列 9 の間に配置され、中性化室壁 8 内においてマルチリングカプス磁場の隣合う磁極間から周波数 2. 4 5 G H z のマイクロ波を導入するようになっている。永久磁石列 9 は、マルチリングカプス磁場を形成するとともに、マイクロ波の周波数に対応する電子サイクロトロン共鳴磁場を発生するようになっている。さらに、この導波管 1 2 には、導波管 4 と同様に、マイクロ波を導入するとともに、中性化室 1 1 内の気密を保持するために、石英やアルミナなどからなるマイクロ波導入窓 1 3 が設けられている。

### 【 0 0 3 2 】

そして、中性化室壁 8 の右側開口部には、中性化室 1 1 と処理室 2 3 の 1 要素として、中性化室 1 1 と処理室 2 3 を区画する多孔電極 3 2 が取り付けられてお



り、この多孔電極 3 2 には、中性ビームの通路して、互いに所定の間隔を有するとともに所定の大きさの孔が複数個形成されている。この多孔電極 3 2 には直流電源 3 3 の＋極が接続され、多孔電極 3 2 には、例えば、7 0 0 V の直流電圧が印加されている。したがって、多孔電極 3 2 には、処理室壁 1 5 と同電位にある中性化室壁 8 に対して正電位が与えられている。なお、本実施形態においては、多孔電極 3 2 の複数の孔が分布している領域は  $\phi 350\text{ mm}$  の大きさを成している。

#### 【 0 0 3 3 】

多孔電極 3 2 に隣接して、磁性体として複数の永久磁石列 3 1 が配設されている。各永久磁石列 3 1 は、多孔電極 2 の表面に対して極を垂直に、隣合う永久磁石列の極性が相互に異なるようにして配置され、例えば、絶縁部材を用いて多孔電極 3 2 に固定されている。そして複数の永久磁石列 3 1 によって、中性化室 1 1 内の多孔電極 3 2 近傍には多極磁場 3 0 が形成されている。この永久磁石列 3 1 は、導電体であるサマリウムコバルト（残留磁束密度約 1. 1 T）製で、厚み幅が 4 mm、磁化方向長さが 8 mm であり、相互に隣接する永久磁石列の間隔が 5 0 ～ 6 0 mm となるように配置されている。これにより形成される多極磁場 3 0 の磁場強度は、図 2（a）に示す線分 c d 上において、最大値が 1 0 m T 程度であり、その最大値のところ（多極磁場 3 0 の磁力線を示す線分と多孔電極 3 2 とのほぼ中間地点）から遠ざかることで急速に減少し、多孔電極 3 2 から 5 0 mm 離れたところで 3 m T 程度となり、8 0 mm 離れたところで 1 m T 程度となっている。なお、多極磁場 3 0 として代表的に図示した磁力線は、線分 c d 上において、1 ～ 3 m T 程度の磁場強度を有したものであり、また永久磁石列 3 1 は導電体部材（線材）を介して中性化室壁 8 に接続されて中性化室壁 8 と同電位に接地されている。

#### 【 0 0 3 4 】

中性化室 1 1 の右側には、処理室 2 3 が接続されている。この処理室 2 3 は、基板などの被処理物 1 7 を収納するとともに、多孔電極 3 2 を通過した中性ビームによって被処理物 1 7 を処理するための空間であり、例えば、ステンレスのような非磁性材を用いて構成された処理室壁 1 5 によって画成されている。この処

理室壁 1 5 には、アルゴンやハロゲンガスなど特定のガスを処理室 2 3 に導入するためのガス導入管 3 9 が接続されている。また被処理物 1 7 は多孔電極 3 2 を通過した中性ビームの伝播路上に、中性ビームとほぼ直交する位置に配置され、支持台 1 6 上に支持されている。この支持台 1 6 は処理室壁 1 5 と同様に接地されている。

#### 【 0 0 3 5 】

本実施形態における中性ビーム処理装置は、以上のように構成されており、次にその作用について説明する。まず、処理室 2 3 に対しては、真空ポンプ（図示省略）を用いて、矢印にて示すように、処理室 2 3 内を排気することにより、処理室 2 3 内の圧力を  $1 \times 10^{-4}$  Pa 以下にする。次いで、プラズマ生成室 1 内にガス導入管 3 7、3 8 または 3 9 から、アルゴンなどのガスを供給し、プラズマ生成室 1 内の圧力を  $3 \times 10^{-2}$  Pa  $\sim$   $3 \times 10^{-1}$  Pa としたところで、導波管 4 から 2.45 GHz のマイクロ波を導入する。

#### 【 0 0 3 6 】

これにより、プラズマ生成室 1 内では、供給されたガスがマイクロ波によりプラズマ化されるが、プラズマ中の電子のサイクロトロン共鳴周波数とマイクロ波の周波数とが一致する磁場強度、例えば、約 87.5 mT の領域において、マイクロ波が効率的にプラズマ中の電子に吸収されることとなり、そのために生じた高エネルギー電子がガスを電離することにより、高密度のプラズマが生成される。

#### 【 0 0 3 7 】

このとき、中性化室壁 8 に対して、イオン源の生成室壁 2 とスクリーン電極 3 a を直流電源 3 6 によって正電位に設定し、加速電極 3 b を負電位に設定すると、プラズマ生成室 1 内の高密度プラズマからイオンのみがイオンビームとして中性化室 1 1 内に引き出される。なお、減速電極 3 c は中性化室壁 8 と同じく接地電位に設定する。

#### 【 0 0 3 8 】

イオンビームが中性化室 1 1 内に引き出されると、中性化室 1 1 内において、後述する中性化作用により、イオンビームの一部が中性ビームに変換される。そ



してこの中性ビームは、後述する荷電粒子分離作用によって、中性ビームに混在する電子およびイオンが電子ビームから分離され、中性ビームのみが多孔電極 3 2 を通過して処理室 2 3 内に導入され、この中性ビームが支持台 3 6 上の被処理物 1 7 に照射されることにより、中性ビームエッチング処理など、被処理物 1 7 に対して所望の中性ビーム処理を行うことができる。その際、ガス導入管 3 9 からは、所望の中性ビーム処理に応じて、例えば、中性ビームエッチング処理であればハロゲンガスなどの特定ガスを導入することにより処理効果を高めることができる。

#### 【 0 0 3 9 】

次に、中性化室 1 1 におけるイオンビームの中性化作用について説明する。ガス導入管 3 8 からアルゴンなどの特定ガスを中性化室 1 1 に供給することにより、中性化室 1 1 内の圧力を  $3 \times 10^{-2} \text{ Pa} \sim 3 \times 10^{-1} \text{ Pa}$  としたところで、中性化室 1 1 内にイオンビームが導入されると、イオンビームの一部が中性ガス（特定ガスによる中性の粒子）と荷電交換反応することにより、中性ビームに変換される。

#### 【 0 0 4 0 】

ここで、イオンビームを中性ビームに変換するに際して、永久磁石列 3 1 を中性化室壁 8 とともに接地することなく、多孔電極 3 2 と同電位、すなわち中性化室壁 8 に対して正電位に設定した場合を仮定すると、図 1 (a) における線分 a b 上の空間電位として、減速電極 3 c と多孔電極 3 2 との間の中性化室 1 1 内における空間電位は減速電極 3 c と多孔電極 3 2 の電位によって規定される。このため、図 1 (b) の点線 (II) によって示すように、中性化室 1 1 内においては多孔電極 3 2 に向かって電位が上昇する空間電位が形成されることになる。この場合、イオンビームが中性化室壁 8 に衝突することにより 2 次電子が発生し、中性化室 1 1 に 2 次電子が供給されたとしても、この電子は、正電位に設定された永久磁石列 3 1 の磁極に容易に吸収され、中性化室 1 1 内に長く滞在できなくなる。したがって、相対的に正電荷を有するイオンビームと、このイオンビームと中性ガスとの荷電交換によって生じた低速イオンが中性化室 1 1 内に多く存在することになる。この結果、勾配を有する空間電位の領域を通過するイオンビーム

は、ポテンシャル壁の影響を受けて発散し、さらに減速されて運動エネルギーが減少する。このイオンビームが中性化室 1 1 において中性ガスとの荷電交換反応によって中性ビームに変換されても、変換後の中性ビームは発散が大きく、エネルギーのばらつきが大きくなる。

#### 【 0 0 4 1 】

一方、本実施形態においては、永久磁石列 3 1 を中性化室壁 8 と同電位、すなわち中性化室壁 8 とともに接地しているため、減速電極 3 c と永久磁石列 3 1 との間の空間電位を減速電極 3 c と中性化室壁 8 の電位で規定することができる。したがって、イオンビームが中性化室壁 8 に衝突することにより 2 次電子が発生し、2 次電子が中性化室 1 1 に供給されると、この 2 次電子が永久磁石列 3 1 の磁極で容易に吸収されることはなく、むしろ、永久磁石列 3 1 の磁極の有するミラー効果により反射されることになる。このため、図 2 において、電子が容易に動ける領域であって、中性化室 1 1 の径方向および軸方向の広い空間領域 A において、電子はイオンビームおよびイオンビームの中性化の過程で生じた低速イオンとともにプラズマを形成することが可能になる。このプラズマが形成されることによって、中性化室 1 1 の径方向および軸方向の広い空間領域 A に渡って、図 1 (b) において、実線 (I) に示したように、中性化室壁 8 に近い電位として、空間電位が平坦化される。この結果、広い空間領域 A を通過するイオンビームは発散せず、しかも減速されて運動エネルギーを減少することもないので、広い空間領域 A において形成された中性ビームを大口径の領域に渡って発散が小さく、かつ、エネルギーのばらつきが小さいものとすることができる。

#### 【 0 0 4 2 】

なお、空間領域 A にプラズマを形成して中性化室 1 1 内の空間電位を平坦化するに際して、中性化室壁 8 にイオンビームが衝突することにより生じた 2 次電子を用いるものについて述べたが、これは、イオンビームの量が比較的少ない場合にのみ有効である。すなわち、より大電流のイオンビームを中性化室 1 1 内に導入し、このイオンビームを中性化することで、より大容量の中性ビームを得ようとする場合には、2 次電子のように、副次的に発生する電子のみではイオンビームの有する正電荷を中和し、空間電位を平坦化するのには限界が生じる。

## 【 0 0 4 3 】

そこで、本実施形態においては、前述したように、中性化室 1 1 内に電子またはプラズマを供給または発生させる電子補充手段として、導波管 1 2、ガス導入管 3 8、永久磁石列 9 を配設し、中性化室 1 1 内に電子サイクロトロン共鳴磁場を有するマルチリングカプス磁場を形成するとともに、導波管 1 2 から中性化室 1 1 内にマイクロ波を導入し、マイクロ波と電子サイクロトロン共鳴磁場との相互作用によって中性化室 1 1 内にプラズマを発生させることとしている。このプラズマの密度は導入するマイクロ波の強度によって調整することができるので、中性化室 1 1 に導入されるイオンビームが大電流であっても、この大電流に応じた所定の密度のプラズマを形成することにより、中性化室 1 1 の径方向および軸方向の広い空間領域 A に渡って、図 1 (b) に実線 (I) で示したように、中性化室壁 8 に近い電位として確実に空間電位を平坦化することができる。したがって、空間領域 A を通過するイオンビームは発散せず、減速されて運動エネルギーが減少することもないので、空間領域 A において大電流のイオンビームが中性化されて形成された大容量の中性ビームを、大口径の領域に渡って発散が小さく、かつ、エネルギーのばらつきが小さいものとすることができる。

## 【 0 0 4 4 】

次に、図 2 を用いて、本発明に係る荷電粒子分離手段の作用を説明する。本実施形態においては、中性化室壁 8 に対して正電位が与えられる多孔電極 3 2 と、多孔電極 3 2 近傍に多極磁場 3 0 を形成する複数の磁石列 3 1 によって荷電粒子分離手段が構成されている。

## 【 0 0 4 5 】

荷電粒子分離手段を用いてイオンビームおよび低速イオンを分離するに際して、本実施形態では、多孔電極 3 2 には、中性化室壁 8 に対して、イオン源の生成室壁 2 およびスクリーン電極 3 a に設定されている正電位よりも高電位となる正電位が電源 3 3 によって設定されている。その一方で、永久磁石列 3 1 は中性化室壁 8 と同電位（接地電位）に設定されている。これらの電位設定により、図 2 (a) の線分 c d で示した多孔電極 3 2 近傍においては、図 2 (b) の実線によって示したように、多孔電極 3 2 に向かって上昇する空間電位が形成される。

## 【 0 0 4 6 】

永久磁石列 3 1 と多孔電極 3 2 との間の空間電位として電位が急激に高くなる空間電位が形成されることにより、イオンビームおよび低速イオンを含むイオン 2 5 は、空間電位によるポテンシャル壁によって多孔電極 3 2 に到達する前に中性室壁 1 1 の内側に跳ね返されるので、多孔電極 3 2 を通過して処理室 2 3 に入射することができない。

## 【 0 0 4 7 】

一方、磁場によるラーマ半径の小さい電子 2 4 は、永久磁石列 3 1 によって多孔電極 3 2 近傍に形成された多極磁場 3 0 を横切って多孔電極 3 2 に到達することはできず、多極磁場 3 0 の磁力線に沿って永久磁石列 3 1 の磁極に衝突して消滅するか、あるいはミラー効果によって反射されるため、多孔電極 3 2 を通過して処理室 2 3 内に入射することができない。

## 【 0 0 4 8 】

これら荷電粒子に対して、中性ビーム 2 9 は磁場によっても空間電位によってもその軌道を曲げられることはなく、容易に多孔電極 3 2 に到達することができ、確率的に多孔電極 3 2 の孔を通過して処理室 2 3 内に入射し、被処理物 1 7 に照射される。

## 【 0 0 4 9 】

このように、本実施形態における荷電粒子分離手段は、1枚の多孔電極 3 2 のみを使用しているので、複数の多孔電極からなるリターディング電極を用いた従来のものに比較して、大口径化に際して、複数の電極上に多数開口された孔同士を所定の配置に保つ困難がなく、容易に大口径が可能になる。また、電極の枚数が少なく、中性ビームが電極に衝突する確率が小さいので、電極を通過して被処理物 1 7 に照射される中性ビームの減少量を小さくすることができる。すなわち、中性ビームの透過率の向上を図ることができる。また多孔電極 3 2 はイオンを反発する正電位が与えられているので、イオンビームの衝突による損耗を避けることができる。

## 【 0 0 5 0 】

さらに、被処理物 1 7 の側面に配置された永久磁石によって被処理物表面上に

平行磁場を与えることで電子を磁氣的に分離除去するようにした従来例に比較して、本実施形態においては、中性化室 1 1 内に多極磁場 3 0 を形成する永久磁石列 3 1 を使用しているので、永久磁石を大型化することなく、永久磁石列 3 1 の列数を増やすことで容易に大口径化が可能になる。また永久磁石列 3 1 の形成する多極磁場 3 0 は、永久磁石列 3 1 から離れるにしたがって急峻に磁場強度が減衰するため、処理室 2 3 内において永久磁石列 3 1 から離れた位置に被処理物 1 7 を配置することにより、被処理物 1 7 に対する磁場の影響を無くすることができる。したがって、磁性素子のように、磁場の影響を受けやすい被処理物であっても確実に中性ビーム処理を施すことができる。またイオンを多孔電極 3 0 によって反発除去しているので、被処理物 1 7 に正電位を与えてイオンを反発除去する従来のものに比較して、被処理物が絶縁物の場合であっても確実に中性ビーム処理を施すことができる。

#### 【 0 0 5 1 】

本実施形態によれば、中性化室 1 1 内において発散およびエネルギーのばらつきが小さく、しかも大口径で大容量の中性ビームを形成することができる。さらに、荷電粒子分離手段によって大口径の領域に渡って確実に荷電粒子を分離除去した中性ビームを被処理物 1 7 に対して照射できるので、被処理物 1 7 に対してエネルギーのばらつきが小さく、しかも大口径で大容量の中性ビーム処理を施すことができる。

#### 【 0 0 5 2 】

なお、本実施形態において、永久磁石列 3 1 を直接中性化室壁 8 に接続する代わりに、永久磁石列 3 1 と中性化室壁 8 とを直流電源を介して接続し、中性化室壁 8 に対して、永久磁石列 3 1 に、直流電源の出力電圧に応じた負電位を設定することができる。

#### 【 0 0 5 3 】

次に、本発明の他の実施形態を図 3 および図 4 にしたがって説明する。図 3 ( a ) は本発明の他の実施形態を示す中性ビーム処置装置の縦断面図、( b ) は図 3 に示す装置の空間電位特性図、図 4 は、図 3 に示す装置の要部拡大断面図である。



## 【 0 0 5 4 】

本実施形態は、荷電粒子分離手段を多孔電極 3 2、永久磁石列 3 1、導電体部材 4 0 で構成し、永久磁石列 3 1 を処理室 2 3 内に配置し、多孔電極 3 2 を間にし、各永久磁石列 3 1 に相対向して複数の導電体部材 4 0 を中性化室 1 1 内に配置し、各導電体部材 4 0 を直流電源 3 5 に接続し、中性化室壁 8 と処理室壁 1 5 との間に絶縁スペーサ 1 4 を挿入し、処理室壁 1 5 を支持台 1 6 とともに接地し、生成室壁 2 に直流電源 3 6 によって、例えば  $-50\text{ V}$  の電圧を印加し、中性化室壁 8 に、直流電源 3 4 によって、例えば  $-650\text{ V}$  の電圧を印加し、各導電体部材 4 0 に対して直流電源 3 5 によって  $0 \sim +30\text{ V}$  の直流電圧を印加し、前記実施形態による 3 つの課題を解消したものである。

## 【 0 0 5 5 】

具体的には、前記実施形態では、以下に示す 3 つの課題が生じる。

## 【 0 0 5 6 】

(1) 永久磁石列 3 1 が中性化室 1 1 の内部に配設されているので、イオンビームや中性ビームの衝突によって永久磁石列 3 1 が加熱され、加熱の程度によっては永久磁石列 3 1 が減磁することがある。

## 【 0 0 5 7 】

(2) 中性化室壁 8 が処理室壁 1 5 と同電位となっているため、イオンビームを反発除去するために、中性化室壁 8 に対して正電位が与えられている多孔電極 3 2 は、処理室壁 1 5 に対しても正電位となっている。このため、中性ビームが被処理物 1 5 に照射されることにより発生する 2 次電子が、多孔電極 3 2 に静電的に吸い寄せられることにより、被処理物 1 7 の表面が絶縁物である場合には、絶縁物の表面に正の電荷が残留し、被処理物 1 7 の表面が処理室壁 1 5 に対して大きく正電位に帯電することが生じ得る。

## 【 0 0 5 8 】

(3) 中性ビームの発生量として高精度な制御が要求される用途に使用される場合、例えば、中性ビームエッチング処理における被処理物の加工形状の最適化などがこれに相当するが、中性ビーム発散量を制御可能なパラメータとしては、中性化室 1 1 内にプラズマを発生させる目的で導波管 1 2 から導入されるマイク

口波の強度のみである。そのため、要求される制御の精度によっては対応が困難となる。

【 0 0 5 9 】

これに対して、本実施形態においては、永久磁石列 3 1 が処理室 2 3 内に配置され、中性化室壁 8 が絶縁スペーサ 1 4 を介して処理室壁 1 5 に接続され、中性化室壁 8 が直流電源 3 4 によって処理室壁 1 5 に対して負電位に設定されている一方、多孔電極 3 2 は処理室壁 1 5 と同電位に接地されている。さらに、永久磁石列 3 1 により中性化室 1 1 内に形成された多極磁場 3 0 の磁極部分に導電部材 4 0 が配設され、導電部材 4 0 の電位が、電位差調整手段としての直流電源 3 5 によって中性化室壁 8 に対して可変になっている。

【 0 0 6 0 】

このため、本実施形態によれば、永久磁石列 3 1 が処理室 2 3 内に配置されることにより、永久磁石列 3 1 がイオンビームに照射されることはなく、しかも、多孔電極 3 2 の影にあることによって中性ビームに照射されることもないので、永久磁石列 3 1 の加熱による減磁を無くすることができる。

【 0 0 6 1 】

また、本実施形態によれば、多孔電極 3 2 が処理室壁 1 5 と同電位に接地されているので、中性ビームが被処理物 1 7 に照射されることによって発生する 2 次電子は、多孔電極 3 2 に静電的に吸い寄せられることなく、被処理物 1 7 の表面に戻ることができる。被処理物 1 7 の表面が絶縁物であっても、処理室壁 1 5 に対して大きく正電位に帯電することを防止することができる。なお、本実施形態においては、多孔電極 3 2 を処理室壁 1 5 と同電位として説明したが、両者は概略同電位であれば同様の効果が得られる。

【 0 0 6 2 】

さらに、本実施形態においては、永久磁石列 3 1 により中性化室 1 7 内に形成された多極磁場 3 0 の磁極部分に導電部材 4 0 が配設され、導電部材 4 0 の電位が直流電源 3 5 によって中性化室壁 8 に対して可変になるように構成されているため、中性化室 1 1 内における空間電位の傾きを調整することができる。

【 0 0 6 3 】



例えば、直流電源 3 5 の両端電圧を 0 V とすれば、図 3 (a) における線分 a b 上の空間電位として、図 3 (b) の実線 (I) によって示したように、中性化室壁 8 に近い電位として、中性化室 1 1 内の広い空間領域 A に渡って空間電位を平坦化することができる。

## 【 0 0 6 4 】

これに対して、直流電源 3 5 の両端に、電圧、例えば + 3 0 V を発生させ、中性化室壁 8 に対して導電体部材 4 0 に若干の正電位を与えたときには、図 3 (b) の点線 (II) に示したように、中性化室 1 1 の広い空間領域 A において多孔電極 3 2 に向かって電位が若干上昇する空間電位を形成することができる。このような空間電位の中を通過するイオンビームは若干発散し、したがって、イオンビームが変換されて形成される中性ビームを若干発散したものとすることができる。したがって、直流電源 3 5 の出力電圧を制御することにより、所望の発散程度を有する中性ビームを容易に得ることができる。

## 【 0 0 6 5 】

本実施形態においては、図 4 に示すように、中性ビーム 2 9 から電子 2 4 を分離するに際して、複数の永久磁石列 3 1 を多孔電極 3 2 の近傍に配置して多孔電極 3 2 の近傍に多極磁場 3 0 を形成し、多孔電極 3 2 に対して負電位が与えられた導電体部材 4 0 を、多孔電極 3 2 を間にして各永久磁石列 3 1 に相対向させて配置し、導電体部材 4 0 に中性化室壁 8 よりもわずかに高い電位を与えているので、多極磁場 3 0 と導電体部材 4 0 により、中性ビーム 2 9 に混在する荷電粒子の中から電子 2 4 を分離除去することができる。

本実施形態によれば、中性化室 1 1 内において発散およびエネルギーのばらつきが小さく、しかも大口径で大容量の中性ビームを形成することができる。またさらに、荷電粒子分離手段によって大口径の領域に渡って確実に荷電粒子を分離除去した中性ビームを被処理物 1 7 に対して照射できるので、被処理物 1 7 に対して発散およびエネルギーのばらつきが小さく、しかも大口径で大容量の中性ビーム処理を施すことができる。

## 【 0 0 6 6 】

なお、前記実施形態においては、中性化室 1 1 を画成する中性化室壁 8 として

真空容器を兼ねるものについて述べたが、中性化室壁 8 としては真空容器を兼ねる必要はなく、真空容器内部に置かれた電極状のものであってもよい。また中性化室 1 1 内にプラズマを発生する手段として、永久磁石列 9、導波管 1 2 を用いてマイクロ波プラズマを発生させるものについて述べたが、中性化室 1 1 内に高周波プラズマを発生する手段や、あるいは電子銃などにより中性化室 1 1 内に電子を供給する手段を用いても、本発明における中性化室 1 1 内での空間電荷平坦化の作用効果として前記実施形態と同様なものが得られる。

#### 【 0 0 6 7 】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、中性ビームに混在する荷電粒子のうちイオンを多孔電極によって中性ビームから分離除去し、電子を複数の磁石列によって形成される多極磁場によって中性ビームから分離除去するようにしているため、荷電粒子分離手段として複数の電極を用いるものよりも中性ビームの透過率を高めることができるとともに、中性ビームの量が減少するのを防止することができ、中性ビームの大容量化が可能になり、さらに、多孔電極の大型化に合わせて磁石列の数を増やすことで中性ビームの大口径化が可能になる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

(a) は、本発明の一実施形態を示す中性ビーム処理装置の縦断面図、(b) は、(a) に示す装置の空間電位の特性図である。

##### 【図 2】

(a) は、荷電粒子分離手段の要部拡大断面図、(b) は、(a) に示す荷電粒子分離手段近傍における空間電位の特性図である。

##### 【図 3】

(a) 本発明の他の実施形態を示す中性ビーム処理装置の縦断面図、(b) は、(a) に示す装置の空間電位特性図である。

##### 【図 4】

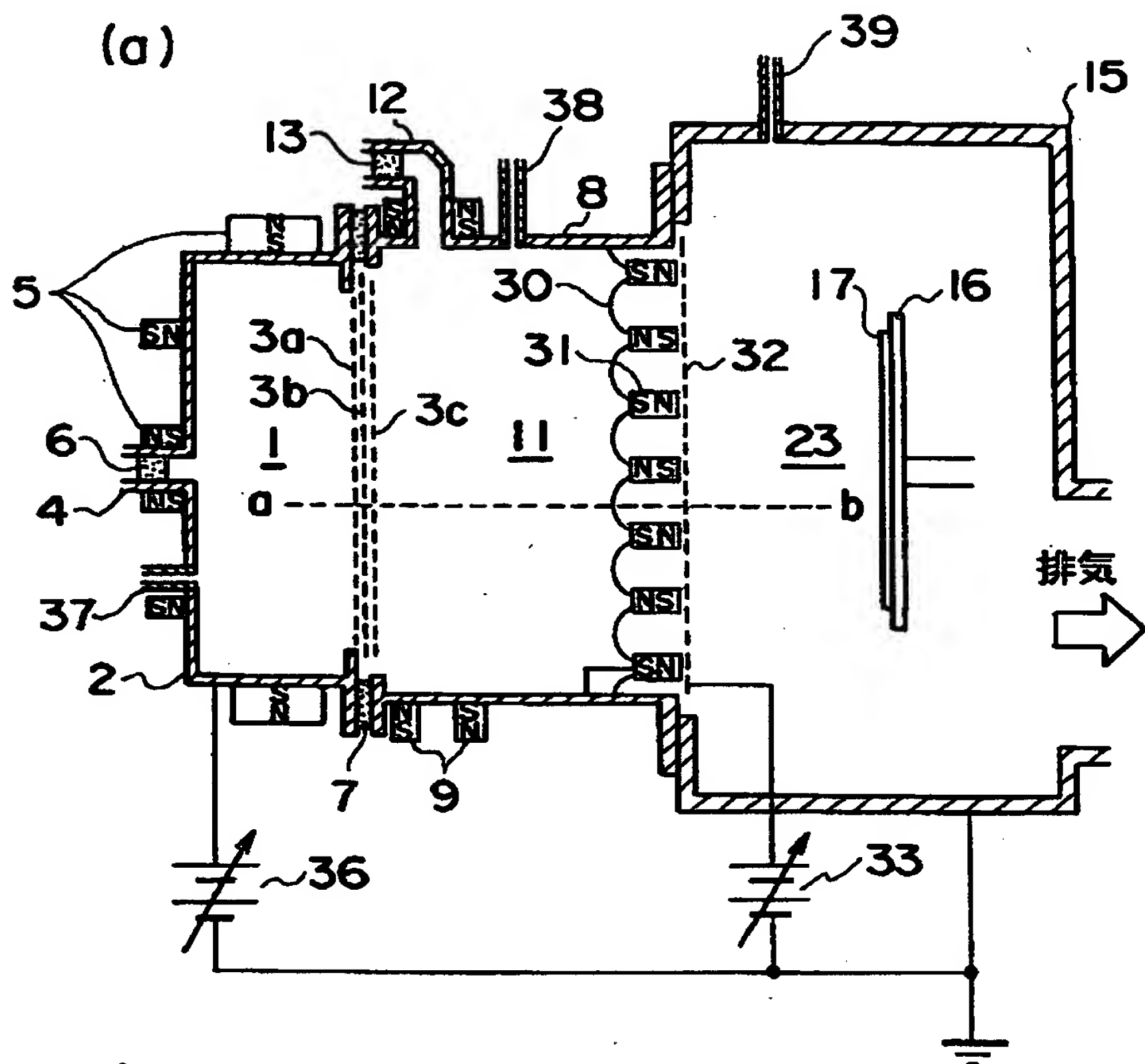
図 3 に示す装置の要部拡大断面図である。

##### 【符号の説明】

- 1 プラズマ生成室
- 2 生成室壁
- 3 a スクリーン電極
- 3 b 加速電極
- 3 c 減速電極
- 4 導波管
- 5 永久磁石列
- 8 中性化室壁
- 9 永久磁石列
- 1 1 処理室
- 1 2 導波管
- 1 5 処理室壁
- 1 7 被処理物
- 2 3 処理室
- 3 0 多極磁場
- 3 1 永久磁石列
- 3 2 多孔電極
- 3 3、3 4、3 5、3 6 直流電源
- 3 7、3 8、3 9 ガス導入管
- 4 0 導電体部材

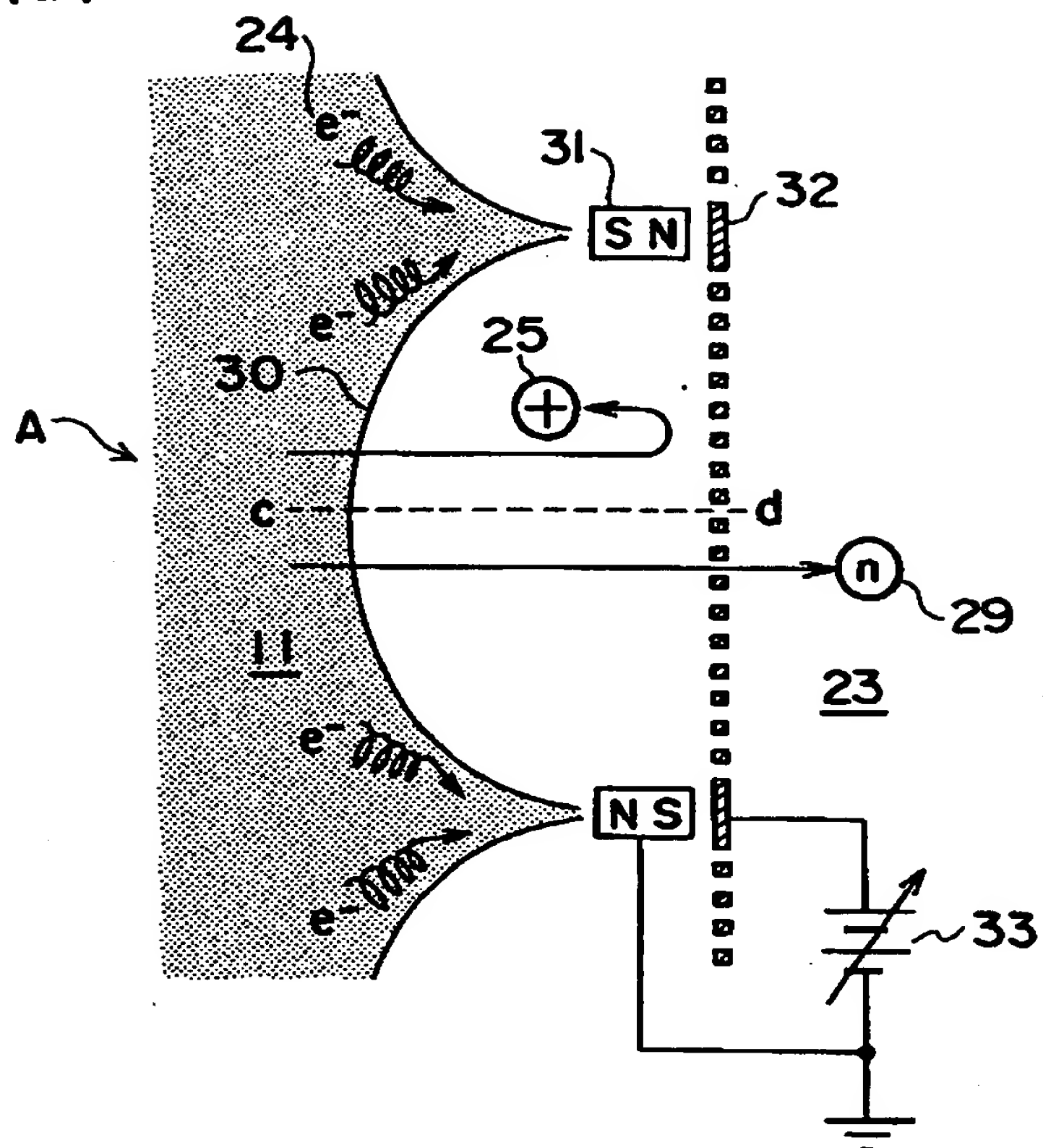
【書類名】 図面

【図 1】

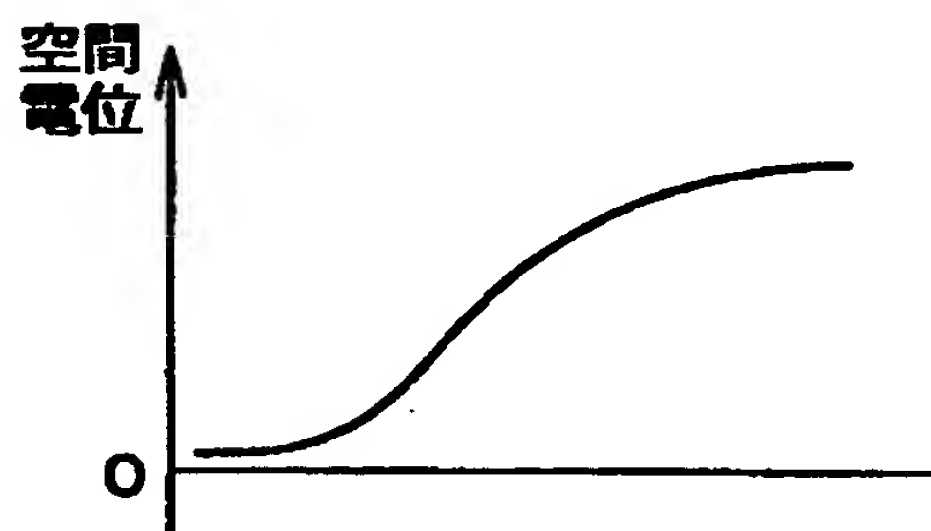


【図 2】

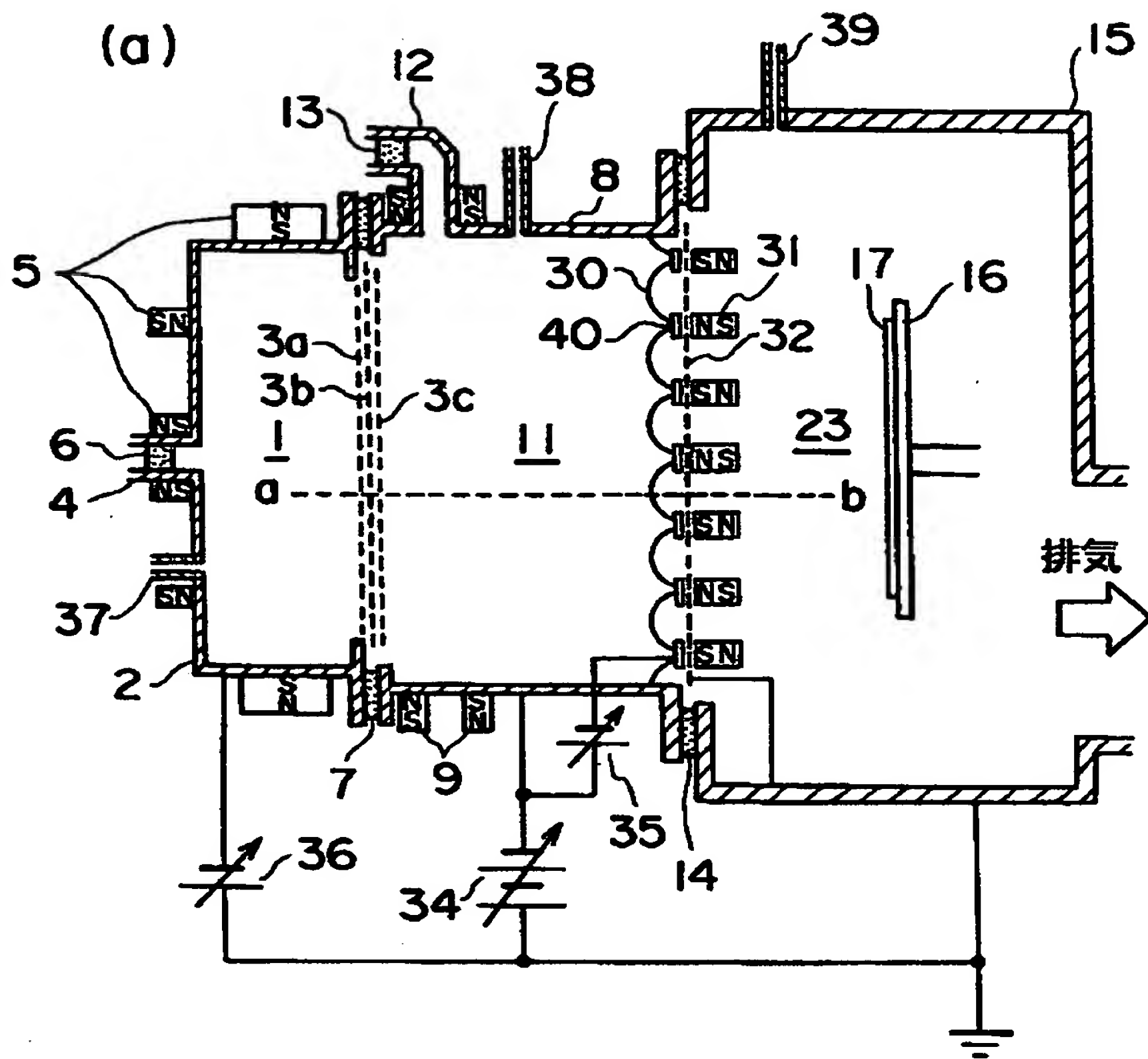
(a)



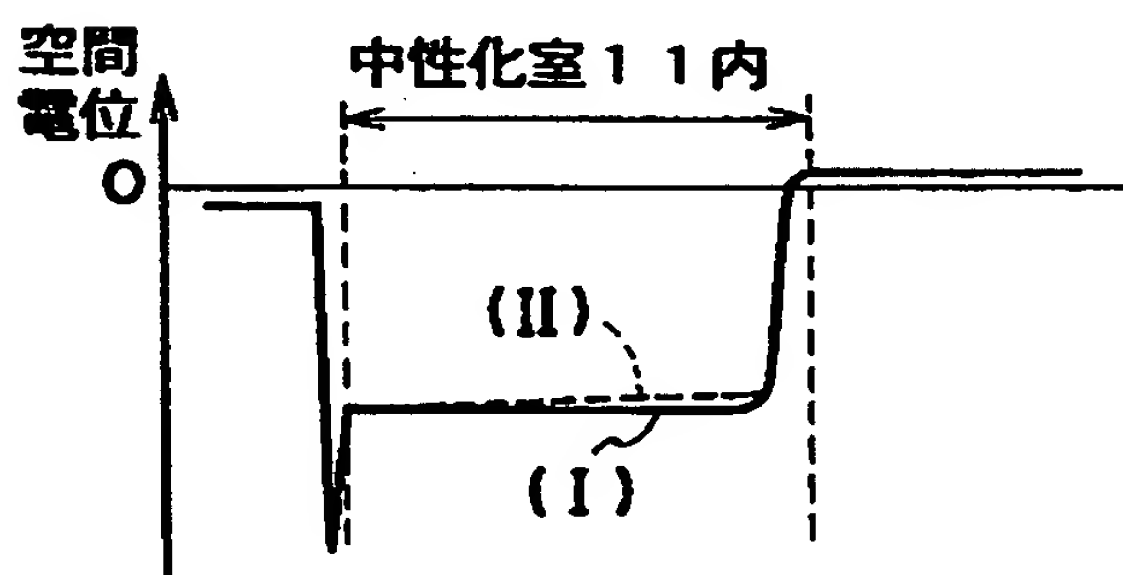
(b)



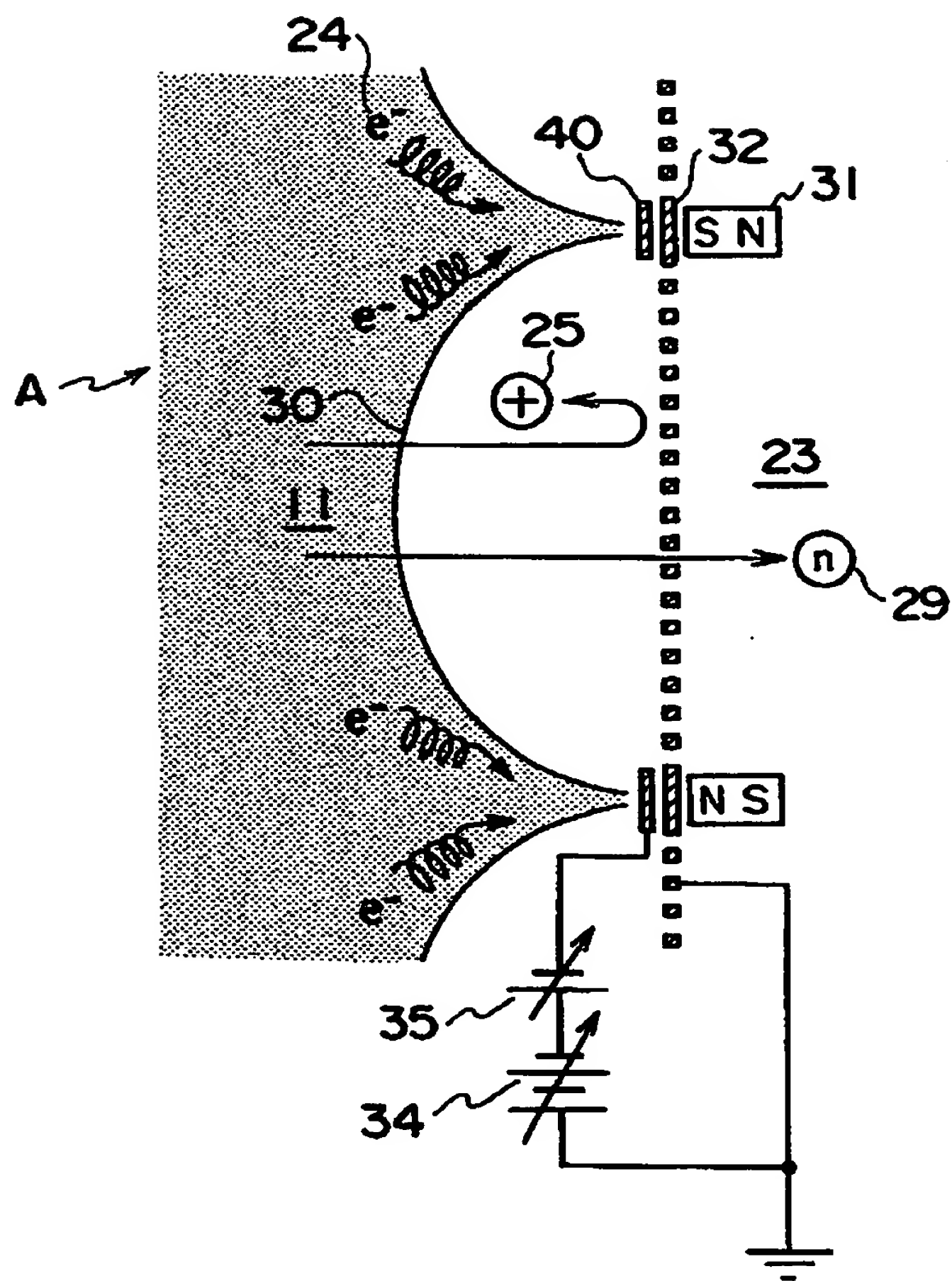
【図 3】



(b)



【図 4】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 中性ビームの発散を小さく、エネルギーのばらつきを小さくしながら、中性ビームを大口径化および大容量化すること。

【解決手段】 プラズマ生成室 1 から引き出したイオンビームを中性化室 1 1 で中性化して中性ビームに変換し、この中性ビームを処理室 2 3 内の被処理物 1 7 に照射するに際して、中性ビームから荷電粒子を分離する荷電粒子分離手段として多孔電極 3 2 と永久磁石列 3 1 を配置し、中性化室壁 8 に対して永久磁石列 3 1 を同電位に設定し、多孔電極 2 2 を正電位に設定し、永久磁石列 9 の発生する電子サイクロトロン磁場と導波管 1 2 から導入されるマイクロ波の相互作用によって中性化室 1 1 内にプラズマを発生させて、中性化室 1 1 内において平坦な空間電位を形成する。イオンビームが平坦な空間電位で変換されることにより形成される中性ビームは発散が小さく、エネルギーのばらつきが小さくなり、中性ビームの大口径化および大容量化が可能になる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

氏 名 株式会社日立製作所